

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»**

**А.Б. ДЕМУСЬКОВ, С.Ф. МАСЛОВИЧ**

**Компьютерные сети:  
технологии локальных сетей**

**Практическое руководство  
для студентов специальностей:**

**1–40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий, 1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная деятельность), 1-31 03 03-02 Прикладная математика (научно-педагогическая деятельность), 1-31 03 06-01 Экономическая кибернетика (математические методы и компьютерное моделирование в экономике)**

**Гомель 2012**

Д

Рецензенты:

кафедра математических проблем управления  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный уни-  
верситет имени Франциска Скорины»

Демуськов А.Б., Маслович С.Ф.

Д 315

Компьютерные сети: технологии локальных сетей практи-  
ческое руководство для студентов специальностей: 1–40 01 01  
Программное обеспечение информационных тех-нологий, 1-31  
03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная  
деятельность), 1-31 03 03-02 Прикладная мате-матика (научно-  
педагогическая деятельность), 1-31 03 06-01 Экономическая  
кибернетика (математические методы и компьютерное моде-  
лирование в экономике)/ А.Б. Демуськов, С.Ф. Маслович; Ми-  
нистерство образования РБ, Гомельский государственный уни-  
верситет им. Ф. Скорины.– Гомель: ГГУ им. Ф.Скорины, 2012.  
– 44 с.

Практическое руководство включает в себя условия лаборатор-  
ных работ и необходимые для их выполнения краткие теоретические  
сведения.

Практическое руководство адресовано студентам специаль-  
ностей 1–40 01 01 Программное обеспечение информационных тех-  
нологий, 1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-  
производственная деятельность), 1-31 03 03-02 Прикладная мате-  
матика (научно-педагогическая деятельность), 1-31 03 06-01 Эконо-  
мическая кибернетика (математические методы и компьютерное мо-  
делирование в экономике)

© А.Б. Демуськов, С.Ф. Маслович, 2012

© УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2012

# Содержание

1 Протоколы и стандарты локальных сетей .....	5
2 Технология Ethernet (802.3) и алгоритмы доступа к сети .....	8
2.1 Стандарт Ethernet.....	8
2.2 Метод управления обменом CSMA/CD.....	9
2.3 Время двойного оборота и распознавание коллизий.....	14
2.4 Производительность сети Ethernet .....	18
2.5 Методика расчета конфигурации сети Ethernet .....	21
3 Высокоскоростные технологии Ethernet.....	24
3.1 Технология Fast Ethernet .....	24
3.2 Высокоскоростная технология Gigabit Ethernet.....	30
4 Адресация в локальных сетях.....	36
Литература .....	40
Приложение А.....	41

## Введение

Целью практического руководства является оказание помощи студентам в освоении теории и практики проектирования и построения локальных вычислительных сетей. В пособие включены теоретические сведения, вопросы для самоконтроля, а также задания к лабораторным работам.

Выполнение лабораторных работ включает:

- постановку задачи в соответствии с темой лабораторной работы и согласование ее с преподавателем;
- усвоение студентами необходимого теоретического материала по теме лабораторной работы;

Структура отчета по лабораторной работе включает:

- 1 Тема лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Постановка задачи.
- 4 Ход выполнения работы.
- 5 Распечатка отчета.
- 8 Выводы.

Практическое руководство адресовано студентам специальности 1–40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий, 1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная деятельность), 1-31 03 03-02 Прикладная математика (научно-педагогическая деятельность), 1-31 03 06-01 Экономическая кибернетика (математические методы и компьютерное моделирование в экономике).

# 1 Протоколы и стандарты локальных сетей

Для упрощения и, соответственно, удешевления аппаратных и программных решений разработчики первых локальных сетей остановились на совместном использовании кабелей всеми компьютерами сети в режиме разделения времени.

За время, прошедшее с момента появления первых локальных сетей, было разработано несколько сот самых разных сетевых технологий, однако заметное распространение получили немногие. Это связано, прежде всего, с высоким уровнем стандартизации принципов организации сетей и с поддержкой их известными компаниями. Тем не менее, не всегда стандартные сети обладают рекордными характеристиками, обеспечивают наиболее оптимальные режимы обмена. Но большие объемы выпуска их аппаратуры и, следовательно, ее невысокая стоимость дают им огромные преимущества. Немаловажно и то, что производители программных средств также в первую очередь ориентируются на самые распространенные сети. Поэтому пользователь, выбирающий стандартные сети, имеет полную гарантию совместимости аппаратуры и программ.

В настоящее время уменьшение количества типов используемых сетей стало тенденцией. Дело в том, что увеличение скорости передачи в локальных сетях до 100 и даже до 1000 Мбит/с требует применения самых передовых технологий, проведения дорогих научных исследований. Естественно, это могут позволить себе только крупнейшие фирмы, которые поддерживают свои стандартные сети и их более совершенные разновидности. К тому же большинство потребителей уже установило у себя какие-то сети и не желает сразу и полностью заменять сетевое оборудование.

В 1980 году в институте IEEE был организован комитет 802 по стандартизации локальных сетей, в результате работы которого было принято семейство стандартов IEEE 802-х, которые содержат рекомендации по проектированию нижних уровней локальных сетей. Позже результаты работы этого комитета легли в основу комплекса международных стандартов ISO 8802-1...5. Эти стандарты были созданы на основе очень распространенных фирменных стандартов сетей Ethernet, ArcNet и Token Ring.

Помимо IEEE в работе по стандартизации протоколов локальных сетей принимали участие и другие организации. Так, для сетей, работающих на оптоволокне, американским институтом по стандартиза-

ции ANSI был разработан стандарт FDDI, обеспечивающий скорость передачи данных 100 Мб/с. Работы по стандартизации протоколов ведутся также ассоциацией ECMA, которой приняты стандарты ECMA-80, 81, 82 для локальной сети типа Ethernet и впоследствии стандарты ECMA-89,90 по методу передачи маркера.

Стандарты семейства IEEE 802.X охватывают только два нижних уровня семи-уровневой модели OSI - физический и канальный. Это связано с тем, что именно эти уровни в наибольшей степени отражают специфику локальных сетей. Старшие же уровни, начиная с сетевого, в значительной степени имеют общие черты как для локальных, так и для глобальных сетей.

Специфика локальных сетей также нашла свое отражение в разделении канального уровня на два подуровня, которые часто называют также уровнями. Канальный уровень (Data Link Layer) делится в локальных сетях на два подуровня:

- логической передачи данных (Logical Link Control, LLC);
- управления доступом к среде (Media Access Control, MAC).

Уровень MAC появился из-за существования в локальных сетях разделяемой среды передачи данных. Именно этот уровень обеспечивает корректное совместное использование общей среды, предоставляя ее в соответствии с определенным алгоритмом в распоряжение той или иной станции сети. После того как доступ к среде получен, ею может пользоваться более высокий уровень - уровень LLC, организующий передачу логических единиц данных, кадров информации, с различным уровнем качества транспортных услуг. В современных локальных сетях получили распространение несколько протоколов уровня MAC, реализующих различные алгоритмы доступа к разделяемой среде. Эти протоколы полностью определяют специфику таких технологий, как Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

Уровень LLC отвечает за передачу кадров данных между узлами с различной степенью надежности, а также реализует функции интерфейса с прилегающим к нему сетевым уровнем. Именно через уровень LLC сетевой протокол запрашивает у канального уровня нужную ему транспортную операцию с нужным качеством. На уровне LLC существует несколько режимов работы, отличающихся наличием или отсутствием на этом уровне процедур восстановления кадров в случае их потери или искажения, то есть отличающихся качеством транспортных услуг этого уровня.

Протоколы уровней MAC и LLC взаимно независимы - каждый протокол уровня MAC может применяться с любым протоколом уровня LLC, и наоборот.

Стандарты IEEE 802 имеют достаточно четкую структуру, приведенную на рисунке 1.1:

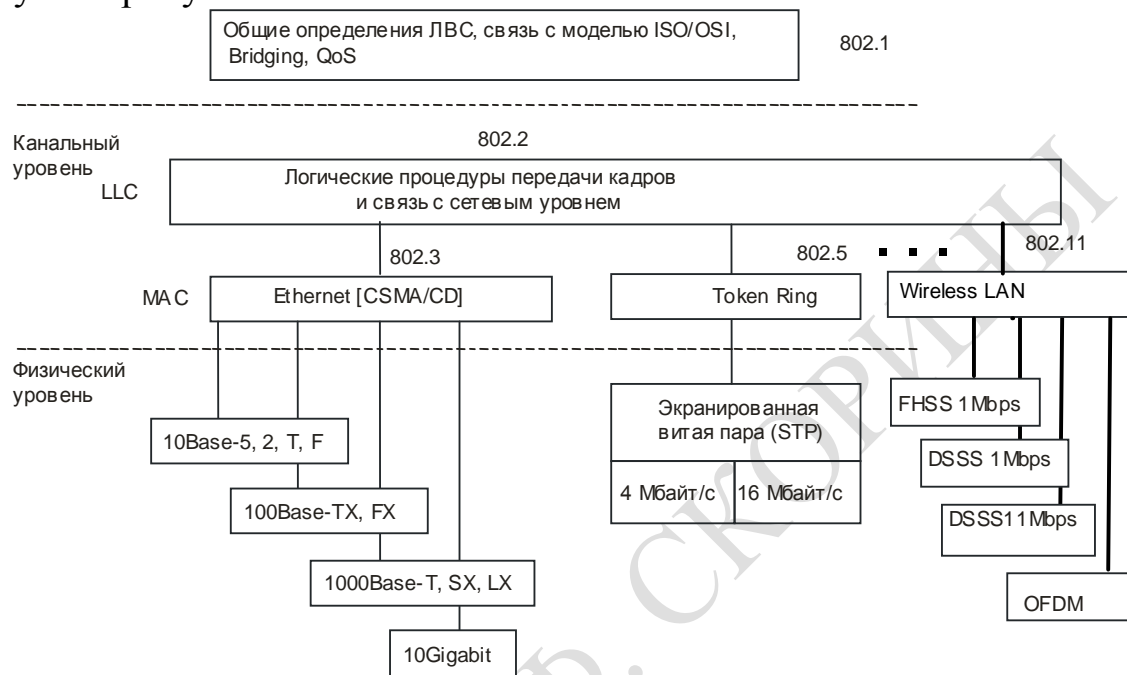


Рисунок 1.1 – Структура стандартов IEEE 802.X

Сегодня комитет 802 включает следующий ряд подкомитетов:

- 802.1 - Internetworking - объединение сетей;
- 802.2 - Logical Link Control, LLC - управление логической передачей данных;
- 802.3 - Ethernet с методом доступа CSMA/CD;
- 802.4 - Token Bus LAN - локальные сети с методом доступа Token Bus;
- 802.5 - Token Ring LAN - локальные сети с методом доступа Token Ring;
- 802.6 - Metropolitan Area Network, MAN - сети мегаполисов;
- 802.7 - Broadband Technical Advisory Group - техническая консультационная группа по широкополосной передаче;
- 802.8 - Fiber Optic Technical Advisory Group - техническая консультационная группа по волоконно-оптическим сетям;
- 802.9 - Integrated Voice and data Networks - интегрированные сети передачи голоса и данных;
- 802.10 - Network Security - сетевая безопасность;
- 802.11 - Wireless Networks - беспроводные сети;

– 802.12 - Demand Priority Access LAN, 100VG-AnyLAN - локальные сети с методом доступа по требованию с приоритетами.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. С какой целью разработчики первых локальных сетей остановились на совместном использовании кабелей всеми компьютерами сети в режиме разделения времени?

2. Почему среди разных сетевых технологий заметное распространение получили немногие?

3. Почему уменьшение количества типов используемых сетей стало тенденцией?

4. Какой стандарт работающий на оптоволокне был разработан американским институтом по стандартизации ANSI?

5. Какие уровни модели OSI охватывают стандарты семейства IEEE 802.X?

6. На какие уровни делится канальный уровень (Data Link Layer) в локальных сетях?

7. Что обеспечивает уровень MAC?

8. Какие протоколы уровня MAC получили наибольшее распространение?

9. За что отвечает уровень LLC?

10. Перечислите хотя бы пять подкомитетов комитета 802 и назовите их функции.

## **2 Технология Ethernet (802.3) и алгоритмы доступа к сети**

### **2.1 Стандарт Ethernet**

Ethernet – это самый распространенный на сегодняшний день стандарт локальных сетей. Когда говорят Ethernet, то под этим обычно понимают любой из вариантов этой технологии. В более узком смысле Ethernet - это сетевой стандарт, основанный на экспериментальной сети Ethernet Network, которую фирма Xerox разработала и реализовала в 1975 году. Метод доступа был опробован еще раньше: во второй половине 60-х годов в радиосети Гавайского университета использовались различные варианты случайного доступа к общей радиосреде, получившие общее название Aloha. В 1980 году фирмы DEC, Intel и Xerox совместно разработали и опубликовали стандарт



Ethernet версии II для сети, построенной на основе коаксиального кабеля, который стал последней версией фирменного стандарта Ethernet. Поэтому фирменную версию стандарта Ethernet называют стандартом Ethernet DIX или Ethernet II.

На основе стандарта Ethernet DIX был разработан стандарт IEEE 802.3, который во многом совпадает со своим предшественником, но некоторые различия все же имеются. В то время как в стандарте IEEE 802.3 различаются уровни MAC и LLC, в оригинальном Ethernet оба эти уровня объединены в единый канальный уровень. В Ethernet DIX определяется протокол тестирования конфигурации (Ethernet Configuration Test Protocol), который отсутствует в IEEE 802.3. Несколько отличается и формат кадра, хотя минимальные и максимальные размеры кадров в этих стандартах совпадают. Часто для того, чтобы отличить Ethernet, определенный стандартом IEEE, и фирменный Ethernet DIX, первый называют технологией 802.3, а за фирменным оставляют название Ethernet без дополнительных обозначений.

Все виды стандартов Ethernet (в том числе Fast Ethernet и Gigabit Ethernet) используют один и тот же метод разделения среды передачи данных - метод CSMA/CD.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. В каком году и какие фирмы совместно разработали и опубликовали стандарт Ethernet версии II для сети, построенной на основе коаксиального кабеля?
2. На основе какого стандарта Ethernet был разработан стандарт IEEE 802.3?
3. Какой протокол присутствует в Ethernet DIX и отсутствует в IEEE 802.3?
4. Какой метод разделения среды передачи данных используют все виды стандартов Ethernet (в том числе Fast Ethernet и Gigabit Ethernet)?

## **2.2 Метод управления обменом CSMA/CD**

Метод управления обменом CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection – множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий) относится к децентрализованным случайным (точнее, квазислучайным) методам. Он используется как в обычных сетях типа Ethernet, так и в высокоскоростных сетях (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet). При описании временных диаграмм сетей

типа Ethernet и Fast Ethernet, а также предельных размеров пакетов (кадров) широко используются следующие термины:

- IPG (interpacket gap, межпакетная щель) – минимальный промежуток времени между передаваемыми пакетами (9,6 мкс для Ethernet / 0,96 мкс для Fast Ethernet). Другое название – межкадровый интервал.

- BT (Bit Time, время бита) – интервал времени для передачи одного бита (100 нс для Ethernet / 10 нс для Fast Ethernet).

- PDV (Path Delay Value, значение задержки в пути) – время прохождения сигнала между двумя узлами сети (круговое, то есть удвоенное). Учитывает суммарную задержку в кабельной системе, сетевых адаптерах, повторителях и других сетевых устройствах.

- Collision window (окно коллизий) – максимальное значение PDV для данного сегмента.

- Collision domain (область коллизий, зона конфликта) – часть сети, на которую распространяется ситуация коллизии, конфликта.

- Slot time (время канала) – максимально допустимое окно коллизий для сегмента (512 BT).

- Minimum frame size – минимальный размер кадра (512 бит).

- Maximum frame size – максимальный размер кадра (1518 байт).

- Maximum network diameter (максимальный диаметр сети) – максимальная допустимая длина сегмента, при которой его окно коллизий не превышает slot time, времени канала.

- Truncated binary exponential back off (усеченная двоичная экспоненциальная отсрочка) – задержка перед следующей попыткой передачи пакета после коллизии (допускается максимум 16 попыток). Вычисляется она по следующей формуле:

$$\text{RAND}(0, 2^{\min(N, 10)}) \times 512 \times \text{BT},$$

где N – значение счетчика попыток; RAND(a, b) – генератор случайных нормально распределенных целых чисел в диапазоне a...b, включая крайние значения. Дискрет изменения данного параметра равен минимальной длине пакета или максимально допустимой двойной задержке распространения сигнала в сети (PDV).

На рисунке 1.2 показана структурная схема алгоритма доступа к сети в соответствии с методом CSMA/CD для одного из абонентов, имеющих данные (кадры) для передачи.

В начале из кадра, предназначенного для передачи, абонент (узел) формирует пакет. Далее при обозначении блоков информации, передаваемых по сети при использовании алгоритма CSMA/CD, понятия "кадр" и "пакет" не различаются, что не совсем правильно, но

соответствует сложившейся практике. Если после подготовки пакета сеть свободна, то абонент (узел) имеет право начать передачу. Но в первую очередь он должен проверить, прошло ли минимально допустимое время IPG после предыдущей передачи (блок 1 на рисунке 2.1). Только по окончании времени IPG абонент может начать передачу битов своего пакета (блок 2 на рисунке).

После передачи каждого бита абонент проверяет наличие конфликта (коллизии) в сети. Если коллизий нет, передача битов продолжается до окончания пакета (блок 4 на рисунке). В этом случае считается, что передача прошла успешно.

Если после передачи какого-то бита обнаружена коллизия, то передача пакета прекращается. Абонент (узел) усиливает коллизию, передавая 32-битовый сигнал ПРОБКА (JAM) и начинает готовиться к следующей попытке передачи (блок 3 на рисунке). Сигнал ПРОБКА гарантирует, что факт наличия коллизии обнаружат все абоненты, участвующие в конфликте.

После передачи сигнала ПРОБКА абонент, обнаруживший коллизию, увеличивает значение счетчика числа попыток (перед началом передачи счетчик был сброшен в нуль). Максимальное число попыток передачи должно быть не более 16, поэтому если счетчик попыток переполнился, то попытки передать пакет прекращаются. Считается, что в этом случае сеть сильно перегружена, в ней слишком много коллизий. Эта ситуация – аварийная, и обрабатывается она на более высоких уровнях протоколов обмена. Если же количество попыток не превысило 16, то производится вычисление величины задержки по приведенной формуле, а затем и выдержка вычисленного временного интервала. Случайный характер величины задержки с высокой степенью вероятности гарантирует, что у всех абонентов, участвующих в конфликте, задержки будут различными. Затем попытка передать пакет повторяется с начала. Абонент, у которого вычисленная задержка будет меньше, начнет следующую передачу первым и заблокирует все остальные передачи.

Если в момент возникновения заявки на передачу (после окончания подготовки пакета) сеть занята другим абонентом, ведущим передачу, то данный абонент ждет освобождения сети (блок 5 на рисунке). После освобождения сети он должен выждать время IPG после предыдущей передачи по сети до начала собственной передачи. Это связано с конечным быстродействием узлов, осуществляющих проверку наличия несущей (занятости среды каким-либо передающим абонентом).

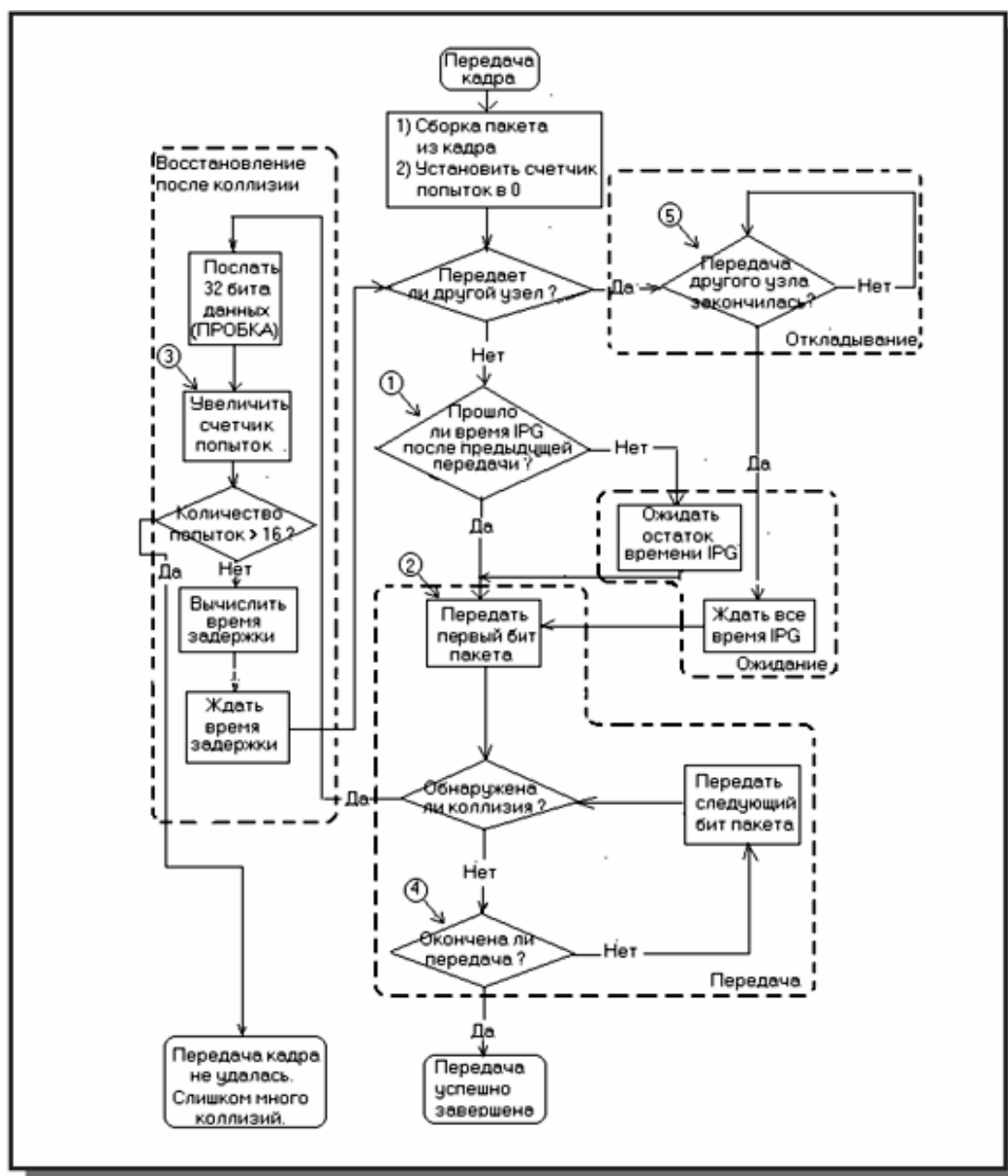


Рисунок 1.2 – Структурная схема алгоритма доступа к сети в соответствии с методом CSMA/CD

Таким образом, получается, что метод CSMA/CD не только не предотвращает коллизии, наоборот, он их предполагает и даже провоцирует, а затем разрешает. Например, если заявки на передачу возникли у нескольких абонентов во время занятости сети, то после ее освобождения все эти абоненты одновременно начнут передачу и образуют коллизию. Коллизии появляются и в случае свободной сети, если заявки на передачу возникают у нескольких абонентов одновременно. В обоих случаях под словом "одновременно" понимается "в пределах интервала двойного прохождения сигнала по сети", то есть в пределах 512-битовых интервалов. Точно так же в пределах 512-битовых интервалов обнаруживаются все коллизии в сети.

Если коллизия обнаруживается раньше 480 – битового интервала, то в результате в сети образуются пакеты, длина которых меньше нижнего установленного предела в 512 – битовых интервалов (64 байта) даже с добавлением сигнала ПРОБКА. Такие пакеты (кадры) называются карликовыми. Если же коллизия обнаруживается в конце 512-битового интервала (после 480 – битового интервала), то в результате может получиться пакет допустимой длины (вместе с сигналом ПРОБКА). Такие пакеты называть карликовыми не совсем корректно. Сигнал ПРОБКА, образующий 32 последних бита пакета, выступает в виде контрольной суммы пакета. Однако вероятность того, что ПРОБКА будет соответствовать правильной контрольной сумме пакета, бесконечно мала (примерно 1 случай на 4,2 миллиарда).

Коллизии (наложения пакетов в процессе передачи) могут и должны обнаруживаться до окончания передачи.

Практически коллизии обнаруживаются либо самим передающим абонентом, либо повторителями в сети, возможно, задолго до окончания передачи заведомо испорченного пакета. Если учесть, что длина пакетов в локальной сети типа Ethernet / Fast Ethernet может лежать в диапазоне от 64 до 1518 байт, то досрочное прекращение передачи и освобождение линии означает заметное повышение эффективности использования ее пропускной способности.

Первым признаком возникновения коллизии является факт получения сигнала ПРОБКА передающим абонентом во время передачи пакета. Другие признаки связаны с неверным форматом пакетов, передача которых была досрочно прекращена из-за возникновения коллизии:

- длина пакета меньше 64 (72 с преамбулой) байт (512 (576) бит);
- пакет имеет неверную контрольную сумму FCS (точнее, неверный циклический код);
- длина пакета не кратна восьми.

Наконец, в таких сетях как Ethernet используется код Манчестер-II и аппаратный способ определения коллизии, основанный на анализе отклонения среднего значения сигнала от нуля.

Даже при загруженной сети для одного абонента число подряд следующих коллизий обычно не превышает 3. Этому способствует случайный характер возникновения запроса на передачу и случайная дискретная величина отсрочки следующей попытки передачи при возникновении коллизии. Число коллизий тем больше, чем больше диаметр (размер) сегмента и чем дальше расположены друг от друга абоненты с интенсивным трафиком.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Дайте определение метода управления обменом CSMA/CD.
2. Что такое IPG (interpacket gap, межпакетная щель), BT (Bit Time, время бита), PDV (Path Delay Value, значение задержки в пути), Collision window (окно коллизий), Collision domain (область коллизий, зона конфликта, Slot time (время канала)?
3. Что такое minimum frame size, maximum frame size и чему они равны?
4. Что такое truncated binary exponential back off (усеченная двоичная экспоненциальная отсрочка) и как она вычисляется?
5. Опишите алгоритм доступа к сети в соответствии с методом CSMA/CD для одного из абонентов, имеющих данные (кадры) для передачи.
6. Что такое коллизия?
7. Кем практически обнаруживаются коллизии?
8. Что является первым признаком возникновения коллизии?
9. Какие существуют иные признаки возникновения коллизии?
10. Какой код шифрования использует Ethernet?

### **2.3 Время двойного оборота и распознавание коллизий**

Четкое распознавание коллизий всеми станциями сети является необходимым условием корректной работы сети Ethernet. Если какая-либо передающая станция не распознает коллизию и решит, что кадр данных ею передан верно, то этот кадр данных будет утерян. Из-за наложения сигналов при коллизии информация кадра исказится, и он будет отбракован принимающей станцией (возможно, из-за несовпадения контрольной суммы). Скорее всего, искаженная информация будет повторно передана каким-либо протоколом верхнего уровня, например транспортным или прикладным, работающим с установлением соединения. Но повторная передача сообщения протоколами верхних уровней произойдет через значительно более длительный интервал времени (иногда даже через несколько секунд) по сравнению с микросекундными интервалами, которыми оперирует протокол Ethernet. Поэтому если коллизии не будут надежно распознаваться узлами сети Ethernet, то это приведет к заметному снижению полезной пропускной способности данной сети.

Для надежного распознавания коллизий должно выполняться следующее соотношение:

$$T_{\min} \geq PDV,$$

где  $T_{\min}$  - время передачи кадра минимальной длины, а PDV - время, за которое сигнал коллизии успевает распространиться до самого дальнего узла сети.

Так как в худшем случае сигнал должен пройти дважды между наиболее удаленными друг от друга станциями сети (в одну сторону проходит неискаженный сигнал, а на обратном пути распространяется уже искаженный коллизией сигнал), то это время называется **временем двойного оборота (Path Delay Value, PDV)**.

При выполнении этого условия передающая станция должна успевать обнаружить коллизию, которую вызвал переданный ее кадр, еще до того, как она закончит передачу этого кадра.

Очевидно, что выполнение этого условия зависит, с одной стороны, от длины минимального кадра и пропускной способности сети, а с другой стороны, от длины кабельной системы сети и скорости распространения сигнала в кабеле (для разных типов кабеля эта скорость несколько отличается).

Все параметры протокола Ethernet подобраны таким образом, чтобы при нормальной работе узлов сети коллизии всегда четко распознавались. При выборе параметров, конечно, учитывалось и приведенное выше соотношение, связывающее между собой минимальную длину кадра и максимальное расстояние между станциями в сегменте сети.

В стандарте Ethernet принято, что минимальная длина поля данных кадра составляет 46 байт (что вместе со служебными полями дает минимальную длину кадра 64 байт, а вместе с преамбулой - 72 байт или 576 бит). Отсюда может быть определено ограничение на расстояние между станциями.

Итак, в 10-мегабитном Ethernet время передачи кадра минимальной длины равно 575 битовых интервалов, следовательно, время двойного оборота должно быть меньше 57,5 мкс. Расстояние, которое сигнал может пройти за это время, зависит от типа кабеля и для толстого коаксиального кабеля равно примерно 13 280 м. Учитывая, что за это время сигнал должен пройти по линии связи дважды, расстояние между двумя узлами не должно быть больше 6 635 м. В стандарте величина этого расстояния выбрана существенно меньше, с учетом других, более строгих ограничений.

Одно из таких ограничений связано с предельно допустимым затуханием сигнала. Для обеспечения необходимой мощности сигнала при его прохождении между наиболее удаленными друг от друга станциями сегмента кабеля максимальная длина непрерывного сег-

мента толстого коаксиального кабеля с учетом вносимого им затухания выбрана в 500 м. Очевидно, что на кабеле в 500 м условия распознавания коллизий будут выполняться с большим запасом для кадров любой стандартной длины, в том числе и 72 байт (время двойного оборота по кабелю 500 м составляет всего 43,3 битовых интервала). Поэтому минимальная длина кадра могла бы быть установлена еще меньше. Однако разработчики технологии не стали уменьшать минимальную длину кадра, имея в виду многосегментные сети, которые строятся из нескольких сегментов, соединенных повторителями.

Повторители увеличивают мощность передаваемых с сегмента на сегмент сигналов, в результате затухание сигналов уменьшается и можно использовать сеть гораздо большей длины, состоящую из нескольких сегментов. В коаксиальных реализациях Ethernet разработчики ограничили максимальное количество сегментов в сети пятью, что в свою очередь ограничивает общую длину сети 2500 метрами.

Даже в такой многосегментной сети условие обнаружения коллизий по-прежнему выполняется с большим запасом (сравним полученное из условия допустимого затухания расстояние в 2500 м с вычисленным выше максимально возможным по времени распространения сигнала расстоянием 6635 м). Однако в действительности временной запас является существенно меньше, поскольку в многосегментных сетях сами повторители вносят в распространение сигнала дополнительную задержку в несколько десятков битовых интервалов. Естественно, небольшой запас был сделан также для компенсации отклонений параметров кабеля и повторителей.

В результате учета всех этих и некоторых других факторов было тщательно подобрано соотношение между минимальной длиной кадра и максимально возможным расстоянием между станциями сети, которое обеспечивает надежное распознавание коллизий. Это расстояние называют также максимальным диаметром сети.

С увеличением скорости передачи кадров, что имеет место в новых стандартах, базирующихся на том же методе доступа CSMA/CD, например Fast Ethernet, максимальное расстояние между станциями сети уменьшается пропорционально увеличению скорости передачи. В стандарте Fast Ethernet оно составляет около 210 м, а в стандарте Gigabit Ethernet оно было бы ограничено 25 метрами, если бы разработчики стандарта не предприняли некоторых мер по увеличению минимального размера пакета.

В таблице 1.1 приведены значения основных параметров процедуры передачи кадра стандарта 802.3, которые не зависят от реализации физической среды.



Таблица 1.1 Параметры уровня MAC Ethernet

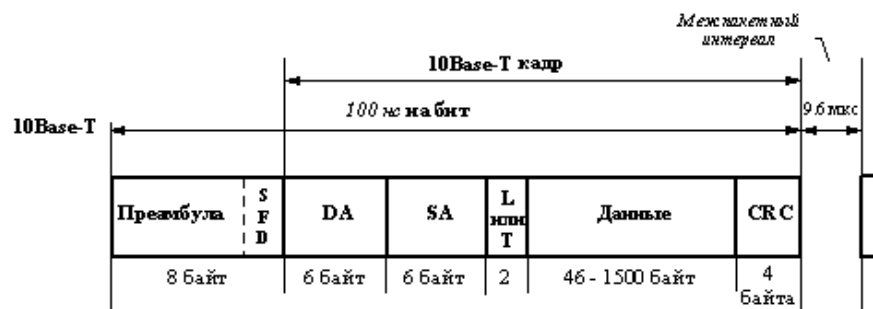
Битовая скорость	10 Мб/с
Интервал отсрочки	512 битовых интервалов
Межкадровый интервал	9.6 мкс
Максимальное число попыток передачи	16
Максимальное число возращения диапазона паузы	10
Длина jam-последовательности	32 бита
Максимальная длина кадра (с преамбулой)	1518 (1526) байт
Минимальная длина кадра (с преамбулой)	64 (72) байта
Длина преамбулы	8 байт
Минимальная/максимальная длина случайной паузы после коллизии	0/524 000 битовых интервала
Максимальное расстояние между станциями в сети	2500 м
Максимальное число станций в сети	1024

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Если какая-либо передающая станция не распознает коллизию и решит, что кадр данных передан ею верно, то что будет этим кадром?
2. Какое соотношение должно выполняться для надежного распознавания коллизий?
3. От чего зависит соотношение выполнимое для надежного распознавания коллизий?
4. Чему в 10-мегабитном Ethernet равно?
5. Какие устройства увеличивают мощность передаваемых с сегмента на сегмент сигналов?
6. Что такое максимальный диаметр сети?
7. Перечислите основные параметры уровня MAC Ethernet и их значения.

## 2.4 Производительность сети Ethernet

Учитывая приведенные параметры, нетрудно рассчитать максимальную производительность сегмента Ethernet в таких единицах, как число переданных пакетов минимальной длины в секунду (packets-per-second, pps). Количество обрабатываемых пакетов Ethernet в секунду часто используется при указании внутренней производительности мостов и маршрутизаторов, вносящих дополнительные задержки при обмене между узлами. Поэтому интересно знать чистую максимальную производительность сегмента Ethernet в идеальном случае, когда на кабеле нет коллизий и нет дополнительных задержек, вносимых мостами и маршрутизаторами. На рисунке 1.3 приведен формат MAC-кадра Ethernet, а также временные параметры его передачи по сети для скорости 10 Мб/с



**SFD (Start of Frame Delimiter)** – ограничитель начала кадра

**DA, SA** – адреса назначения и источника соответственно

**L** – длина поля данных (для кадра 802.3)

**T** – тип протокола в поле данных (для Ethernet II)

Рисунок 1.3 – Формат MAC-кадра и времена его передачи

Минимальная длина кадра для стандарта Ethernet составляет 72 байта =  $72 \cdot 8 = 576$  бит. Скорость передачи 1 бита будет равна 0,1 мкс. Тогда, для передачи 1 кадра минимальной длины необходимо  $0,1 \cdot 576 = 57,6$  мкс. Между кадровый интервал в стандартом Ethernet устанавливается равным 9,6 мкс. Период следования кадров минимальной длины будет равен  $57,6 + 9,6 = 67,2$  мкс. Откуда следует, что максимальная пропускная способность сети Ethernet будет составлять 14880 кадров/с. ( $1000\ 000 / 67,2$ ).

Теперь рассчитаем, какой максимальной полезной пропускной способностью в бит в секунду обладают сегменты Ethernet при использовании кадров разного размера.

Под полезной пропускной способностью протокола понимается скорость передачи пользовательских данных, которые переносятся полем данных кадра. Эта пропускная способность всегда меньше но-

минальной битовой скорости протокола Ethernet за счет нескольких факторов:

- служебной информации кадра;
- межкадровых интервалов (IPG);
- ожидания доступа к среде.

Для кадров *минимальной* длины полезная пропускная способность равна:

$$СП = 14880 * 46 * 8 = 5,48 \text{ Мбит/с.}$$

Это намного меньше 10 Мбит/с, но следует учесть, что кадры минимальной длины используются в основном для передачи квитанций, так что к передаче собственно данных файлов эта скорость отношения не имеет.

Для кадров *максимальной* длины полезная пропускная способность равна:

$СП = 813 * 1500 * 8 = 9,76 \text{ Мбит/с}$ , что весьма близко к номинальной скорости протокола.

Еще раз подчеркнем, что такой скорости можно достигнуть только в том случае, когда двум взаимодействующим узлам в сети Ethernet другие узлы не мешают, что бывает крайне редко,

При использовании кадров среднего размера с полем данных в 512 байт пропускная способность сети составит 9,29 Мбит/с, что тоже достаточно близко к предельной пропускной способности в 10 Мбит/с.

Отношение текущей пропускной способности сети к ее максимальной пропускной способности называется *коэффициентом загрузки (использования) сети* (network utilization). При этом при определении текущей пропускной способности принимается во внимание передача по сети любой информации, как пользовательской, так и служебной. Коэффициент является важным показателем для технологий разделяемых сред, так как при случайном характере метода доступа высокое значение коэффициента использования часто говорит о низкой полезной пропускной способности сети (то есть скорости передачи пользовательских данных) - слишком много времени узлы тратят на процедуру получения доступа и повторные передачи кадров после коллизий.

Для сети Ethernet, работающей на скорости 10 Мбит/с, стандарт определяет четыре основных типа сегментов сети, ориентированных на различные среды передачи информации:

- 10BASE5 (толстый коаксиальный кабель);
- 10BASE2 (тонкий коаксиальный кабель);

- 10BASE-T (витая пара);
- 10BASE-FL (оптоволоконный кабель).

Наименование сегмента включает в себя три элемента: цифра "10" означает скорость передачи 10 Мбит/с, слово BASE – передачу в основной полосе частот (то есть без модуляции высокочастотного сигнала), а последний элемент – допустимую длину сегмента: "5" – 500 метров, "2" – 200 метров (точнее, 185 метров) или тип линии связи: "Т" – витая пара (от английского "twisted-pair"), "F" – оптоволоконный кабель (от английского "fiber optic"). В таблице 1.2. приведены параметры спецификаций физического уровня для стандарта Ethernet

Таблица 1.2 Параметры спецификаций физического уровня для стандарта Ethernet

	10Base-5	10Base-2	10Base-T	10Base-F
Кабель	толстый коаксиальный кабель RG-8 или RG-11	тонкий коаксиальный кабель RG-58	неэкранированная витая пара UTP Cat3,4,5	многомодовый волоконно-оптический кабель
Максимальная длина сегмента	500 м	185 м	100 м	2000 м
Максимальное расстояние между узлами сети (при использовании повторителей)	2500 м	925 м	500 м	2500 м (2740 м для 10Base-FB)
Максимальное число станций в сегменте	100	30	1024	1024
Максимальное число повторителей между любыми станциями сети	4	4	4	4 (5 для 10Base-FB)

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Что понимается под полезной пропускной способностью протокола?

2. За счет каких факторов пропускная способность сети всегда меньше номинальной битовой скорости протокола Ethernet?
3. Чему равна полезная пропускная способность для кадров *минимальной* длины?
4. Чему равна полезная пропускная способность для кадров *максимальной* длины?
5. Что такое *коэффициентом загрузки (использования) сети* (network utilization)?
6. Какие существуют типы сегментов сети, ориентированные на различные среды передачи информации для сети Ethernet?
7. Опишите параметры спецификаций физического уровня для стандарта Ethernet

## 2.5 Методика расчета конфигурации сети Ethernet

Чтобы сеть Ethernet, состоящая из сегментов различной физической природы, работала корректно, необходимо выполнение четырех основных условий:

- количество станций в сети не более 1024;
- максимальная длина каждого физического сегмента не более величины, определенной в соответствующем стандарте физического уровня;
- время двойного оборота сигнала (Path Delay Value, PDV) между двумя самыми удаленными друг от друга станциями сети не более 575 битовых интервала;
- сокращение межкадрового интервала IPG (Path Variability Value, PVV) при прохождении последовательности кадров через все повторители должно быть не больше, чем 49 битовых интервала. Так как при отправке кадров конечные узлы обеспечивают начальное межкадровое расстояние в 96 битовых интервала, то после прохождения повторителя оно должно быть не меньше, чем  $96 - 49 = 47$  битовых интервала.

Соблюдение этих требований обеспечивает корректность работы сети даже в случаях, когда нарушаются простые правила конфигурирования, определяющие максимальное количество повторителей и общую длину сети в 2500 м.

**Расчет PDV.** Для упрощения расчетов PDV обычно используются справочные данные IEEE, содержащие значения задержек распространения сигналов в повторителях, приемопередатчиках и различных физических средах. В таблице 1.3 приведены данные, необходи-

мые для расчета значения PDV для всех физических стандартов сетей Ethernet. Битовый интервал обозначен как bt.

Таблица 1.3 Данные для расчета значения PDV

Тип сегмента	База левого сегмента	База промежуточного сегмента	База правого сегмента	Задержка среды на 1 м	Максимальная длина сегмента
10Base-5	11.8	46.5	169.5	0.0866	500
10Base-2	11.8	46.5	169.5	0.1026	185
10Base-T	15.3	42.0	165.0	0.113	100
10Base-FB	-	24.0	-	0.1	2000
10Base-FL	12.3	33.5	156.5	0.1	2000
FOIRL	7.8	29.0	152.0	0.1	1000
AUI (> 2 м)	0	0	0	0.1026	248

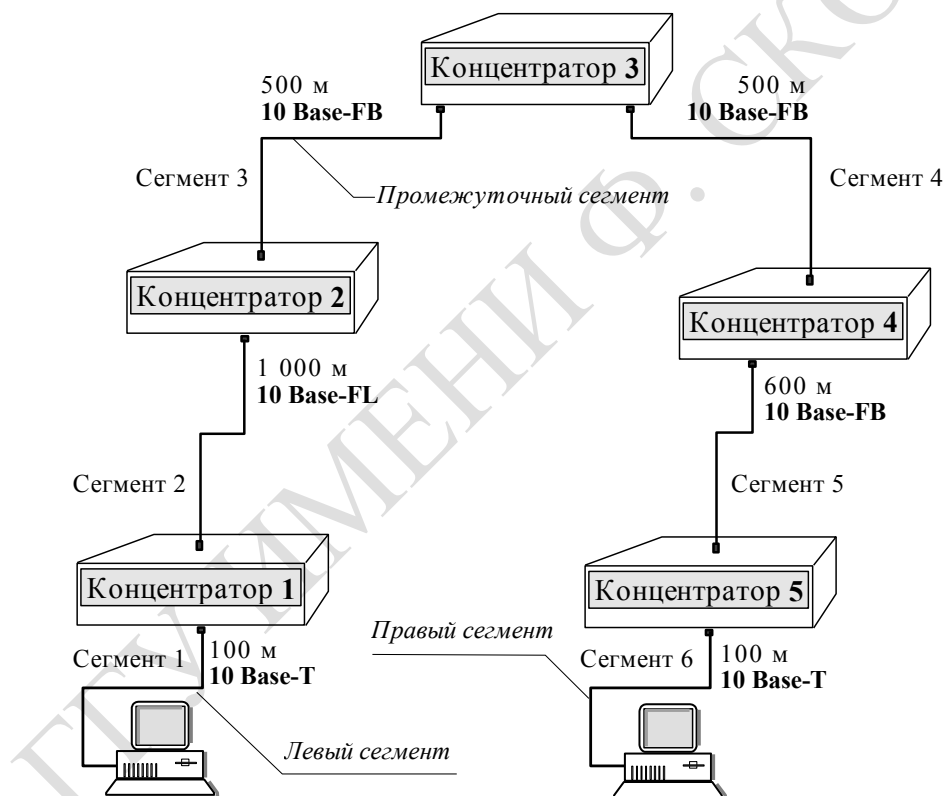


Рисунок 1.4 – Пример сети Ethernet, состоящей из сегментов различных физических стандартов

Рассчитаем значение PDV для нашего примера.

Левый сегмент 1:  $15.3 \text{ (база)} + 100 \text{ м} \cdot 0.113 / \text{м} = 26.6$

Промежуточный сегмент 2:  $33.5 + 1000 \cdot 0.1 = 133.5$

Промежуточный сегмент 3:  $24 + 500 \cdot 0.1 = 74.0$

Промежуточный сегмент 4:  $24 + 500 \cdot 0.1 = 74.0$

Промежуточный сегмент 5:  $24 + 600 \cdot 0.1 = 84.0$

Правый сегмент 6:  $165 + 100 + 0.113 = 176.3$

Сумма всех составляющих дает значение PDV, равное 568.4.

Так как значение PDV меньше максимально допустимой величины 575, то эта сеть проходит по величине максимально возможной задержки оборота сигнала. Несмотря на то, что ее общая длина больше 2500 метров.

**Расчет PVV.** Для расчета PVV также можно воспользоваться табличными значениями максимальных величин уменьшения межкадрового интервала при прохождении повторителей различных физических сред.

Таблица 1.4 Сокращение межкадрового интервала повторителями

Тип сегмента	Передающий сегмент	Промежуточный сегмент
10Base-5 или 10Base-2	16	11
10Base-FB	-	2
10Base-FL	10.5	8
10Base-T	10.5	8

Левый сегмент 1 10Base-T: дает сокращение в 10.5 битовых интервалов

Промежуточный сегмент 2 10Base-FL: 8

Промежуточный сегмент 3 10Base-FB: 2

Промежуточный сегмент 4 10Base-FB: 2

Промежуточный сегмент 5 10Base-FB: 2

Сумма этих величин дает значение PVV, равное 24.5, что меньше предельного значения в 49 битовых интервалов.

В результате, приведенная в примере сеть по всем параметрам соответствует стандартам Ethernet.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Выполнение каких условий необходимо, чтобы сеть Ethernet, состоящая из сегментов различной физической природы, работала корректно?

2. Что такое PVV и чему оно должно быть равно для корректной работы сети Ethernet?

## 3 Высокоскоростные технологии Ethernet

### 3.1 Технология Fast Ethernet

Технология Fast Ethernet является эволюционным развитием классической технологии Ethernet. 10-Мегабитный Ethernet устраивал большинство пользователей на протяжении около 15 лет. Однако в начале 90-х годов начала ощущаться его недостаточная пропускная способность. Если для компьютеров на процессорах Intel 80286 или 80386 с шинами ISA (8 Мбайт/с) или EISA (32 Мбайт/с) пропускная способность сегмента Ethernet составляла  $1/8$  или  $1/32$  канала "память - диск", то это хорошо согласовывалось с соотношением объемов локальных данных и внешних данных для компьютера. Теперь же у мощных клиентских станций с процессорами Pentium или Pentium PRO и шиной PCI (133 Мбайт/с) эта доля упала до  $1/133$ , что явно недостаточно. Поэтому многие сегменты 10-Мегабитного Ethernet'a стали перегруженными, реакция серверов в них значительно упала, а частота возникновения коллизий существенно возросла, еще более снижая номинальную пропускную способность.

В 1992 году группа производителей сетевого оборудования, включая таких лидеров технологии Ethernet как SynOptics, 3Com и ряд других, образовали некоммерческое объединение Fast Ethernet Alliance для разработки стандарта на новую технологию, которая обобщила бы достижения отдельных компаний в области Ethernet-преемственного высокоскоростного стандарта. Новая технология получила название Fast Ethernet.

Одновременно были начаты работы в институте IEEE по стандартизации новой технологии - там была сформирована исследовательская группа для изучения технического потенциала высокоскоростных технологий. За период с конца 1992 года и по конец 1993 года группа IEEE изучила 100-Мегабитные решения, предложенные различными производителями. Наряду с предложениями Fast Ethernet Alliance группа рассмотрела также и другую высокоскоростную технологию, предложенную компаниями Hewlett-Packard и AT&T.

В центре дискуссий была проблема сохранения соревновательно-го метода доступа CSMA/CD. Предложение по Fast Ethernet'у сохраняло этот метод и тем самым обеспечивало преемственность и согласованность сетей 10Base-T и 100Base-T. Коалиция HP и AT&T, которая имела поддержку гораздо меньшего числа производителей в сетевой индустрии, чем Fast Ethernet Alliance, предложила совершенно



новый метод доступа, называемый Demand Priority. Он существенно менял картину поведения узлов в сети, поэтому не смог вписаться в технологию Ethernet и стандарт 802.3, и для его стандартизации был организован новый комитет IEEE 802.12.

В мае 1995 года комитет IEEE принял спецификацию Fast Ethernet в качестве стандарта 802.3u, который не является самостоятельным стандартом, а представляет собой дополнение к существующему стандарту 802.3 в виде глав с 21 по 30. Отличия Fast Ethernet от Ethernet сосредоточены на физическом уровне (рисунок 1.5).

Более сложная структура физического уровня технологии Fast Ethernet вызвана тем, что в ней используется три варианта кабельных систем - оптоволокно, 2-х парная витая пара категории 5 и 4-х парная витая пара категории 3, причем по сравнению с вариантами физической реализации Ethernet (а их насчитывается шесть), здесь отличия каждого варианта от других глубже - меняется и количество проводников, и методы кодирования. А так как физические варианты Fast Ethernet создавались одновременно, а не эволюционно, как для сетей Ethernet, то имелась возможность детально определить те подуровни физического уровня, которые не изменяются от варианта к варианту, и остальные подуровни, специфические для каждого варианта.

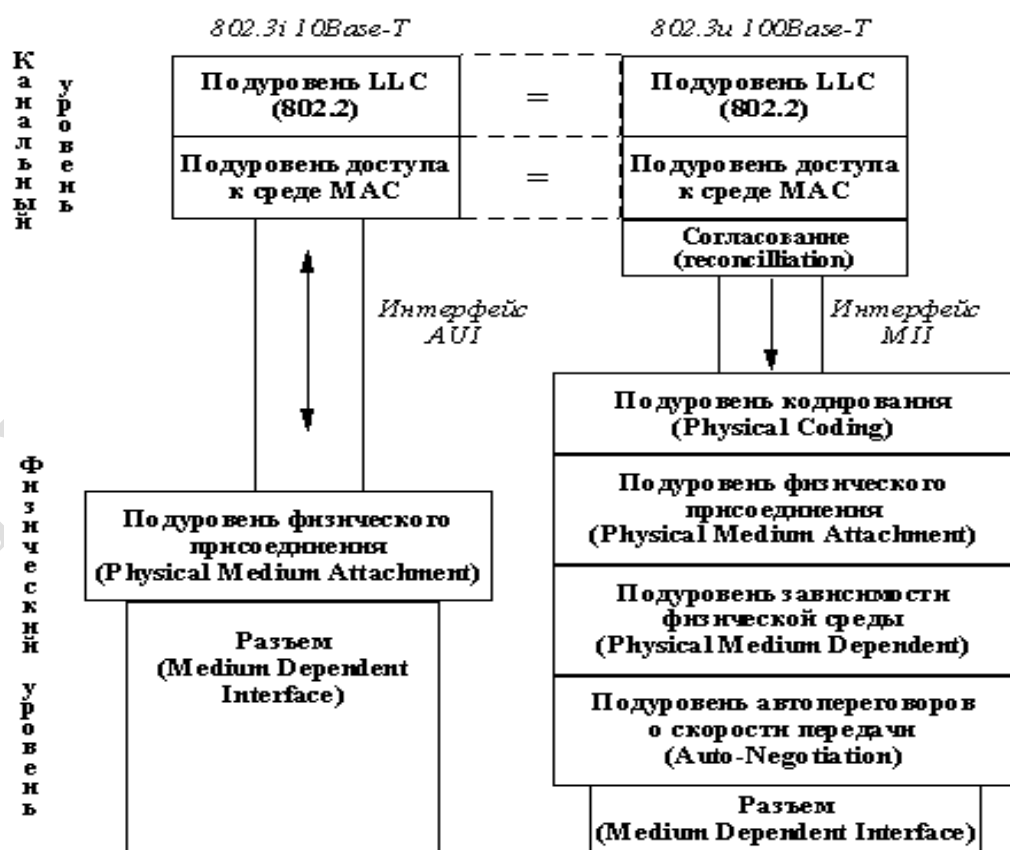


Рисунок 1.5 – Отличия стека протоколов 100Base-T от стека протоколов 10Base-T

Основными достоинствами технологии Fast Ethernet являются:

- увеличение пропускной способности сегментов сети до 100 Мб/с;
- сохранение метода случайного доступа Ethernet;
- сохранение звездообразной топологии сетей и поддержка традиционных сред передачи данных - витой пары и оптоволоконного кабеля.

Указанные свойства позволяют осуществлять постепенный переход от сетей 10Base-T - наиболее популярного на сегодняшний день варианта Ethernet - к скоростным сетям, сохраняющим значительную преемственность с хорошо знакомой технологией: Fast Ethernet не требует коренного переобучения персонала и замены оборудования во всех узлах сети.

Официальный стандарт 100Base-T (802.3u) установил три различных спецификации для физического уровня (в терминах семи-уровневой модели OSI) для поддержки следующих типов кабельных систем:

- 100Base-TX для двухпарного кабеля на неэкранированной витой паре UTP категории 5, или экранированной витой паре STP Type 1;
- 100Base-T4 для четырехпарного кабеля на неэкранированной витой паре UTP категории 3, 4 или 5;
- 100Base-FX для многомодового оптоволоконного кабеля.

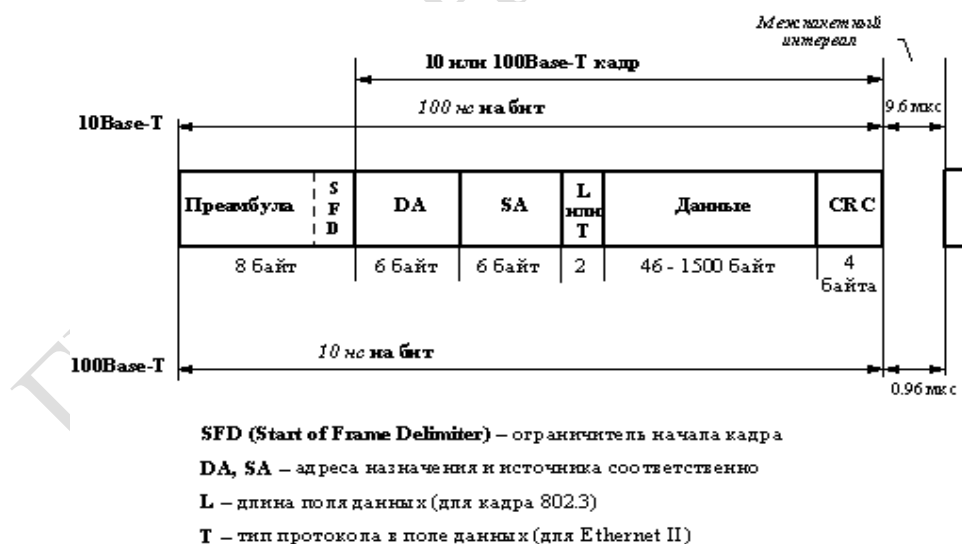


Рисунок 1.6 – Формат MAC-кадра и времена его передачи

Все времена передачи кадров Fast Ethernet в 10 раз меньше соответствующих времен технологии 10-Мегабитного Ethernet'a: межбитовый интервал составляет 10 нс вместо 100 нс, а межкадровый интервал - 0.96 мкс вместо 9.6 мкс соответственно. На рисунке 1.6 при-

ведены значения формат MAC-кадра Fast Ethernet и времена его передачи.

Длина кадра для стандарта Fast Ethernet как и в случае с Ethernet составляет также 72 байта =  $72 \cdot 8 = 576$  бит. Скорость передачи 1 бита будет равна 0,01 мкс. Т.о. для передачи 1 кадра минимальной длины необходимо  $0,01 \cdot 576 = 5,76$  мкс. Между кадровый интервал в Fast Ethernet устанавливается равным 0,96 мкс. Т.о. период следования кадров минимальной длины будет равен  $5,76 + 0,96 = 6,72$  мкс. Откуда следует, что максимальная пропускная способность сети Ethernet будет составлять 148809 кадров/с. ( $1000\ 000 / 6,72$ )

Технология Fast Ethernet, как и все некоаксиальные варианты Ethernet, рассчитана на использование концентраторов-повторителей для образования связей в сети. Правила корректного построения сегментов сетей Fast Ethernet включают:

- ограничения на максимальные длины сегментов, соединяющих DTE с DTE;
- ограничения на максимальные длины сегментов, соединяющих DTE с портом повторителя;
- ограничения на максимальный диаметр сети;
- ограничения на максимальное число повторителей и максимальную длину сегмента, соединяющего повторители.

В качестве DTE (Data Terminal Equipment) может выступать любой источник кадров данных для сети: сетевой адаптер, порт моста, порт маршрутизатора, модуль управления сетью и другие подобные устройства. Отличительной особенностью DTE является то, что он вырабатывает новый кадр для разделяемого сегмента (мост или коммутатор, хотя и передают через выходной порт кадр, который вырабатал в свое время сетевой адаптер, но для сегмента сети, к которому подключен выходной порт, этот кадр является новым). Порт повторителя не является DTE, так как он побитно повторяет уже появившийся в сегменте кадр.

В типичной конфигурации сети Fast Ethernet несколько DTE подключается к портам повторителя, образуя сеть звездообразной топологии. Соединения DTE-DTE в разделяемых сегментах не встречаются (если исключить экзотическую конфигурацию, когда сетевые адаптеры двух компьютеров соединены прямо друг с другом кабелем), а вот для мостов/коммутаторов и маршрутизаторов такие соединения являются нормой - когда сетевой адаптер прямо соединен с портом одного из этих устройств, либо эти устройства соединяются друг с другом.

Спецификация IEEE 802.3u определяет следующие максимальные длины сегментов DTE-DTE, приведенные в таблице 1.5.

Таблица 1.5 Максимальные длины сегментов DTE-DTE

Стандарт	Тип кабеля	Максимальная длина сегмента
100Base-TX	Category 5 UTP	100 метров
100Base-FX	многомодовое оптоволокно 62.5/125 мкм	412 метров (полудуплекс) 2 км (полный дуплекс)
100Base-T4	Category 3,4 или 5 UTP	100 метров

Повторители Fast Ethernet делятся на два класса.

Повторители класса I поддерживают все типы систем кодирования физического уровня: 100Base-TX/FX и 100Base-T4. Повторители класса II поддерживают только один тип системы кодирования физического уровня - 100Base-TX/FX или 100Base-T4.

В одном домене коллизий допускается наличие только одного повторителя класса I. Это связано с тем, что такой повторитель вносит большую задержку при распространении сигналов из-за необходимости трансляции различных систем сигнализации. Максимальное число повторителей класса II в домене коллизий - 2, причем они должны быть соединены между собой кабелем не длиннее 5 метров.

Небольшое количество повторителей Fast Ethernet не является серьезным препятствием при построении сетей. Во-первых, наличие стековых повторителей снимает проблемы ограниченного числа портов - все каскадируемые повторители представляют собой один повторитель с достаточным числом портов - до нескольких сотен. Во-вторых, применение коммутаторов и маршрутизаторов делит сеть на несколько доменов коллизий, в каждом из которых обычно имеется не очень большое число станций. В таблице 1.6 сведены правила построения сети на основе повторителе класса I.

Таблица 1.6 Правила построения сети на основе повторителе класса I

Тип кабелей	Максимальный диаметр сети	Максимальная длина сегмента
Только витая пара (TX)	200 м	100 м
Только оптоволокно (FX)	272 м	136 м
Несколько сегментов на витой паре и один на оптоволокне 260 м	100 м (TX)	160 м (FX)
Несколько сегментов на витой паре и несколько сегментов на оптоволокне 272 м	100 м (TX)	136 м (FX)

Эти ограничения проиллюстрированы типовыми конфигурациями сетей, показанными на рисунке 1.7.

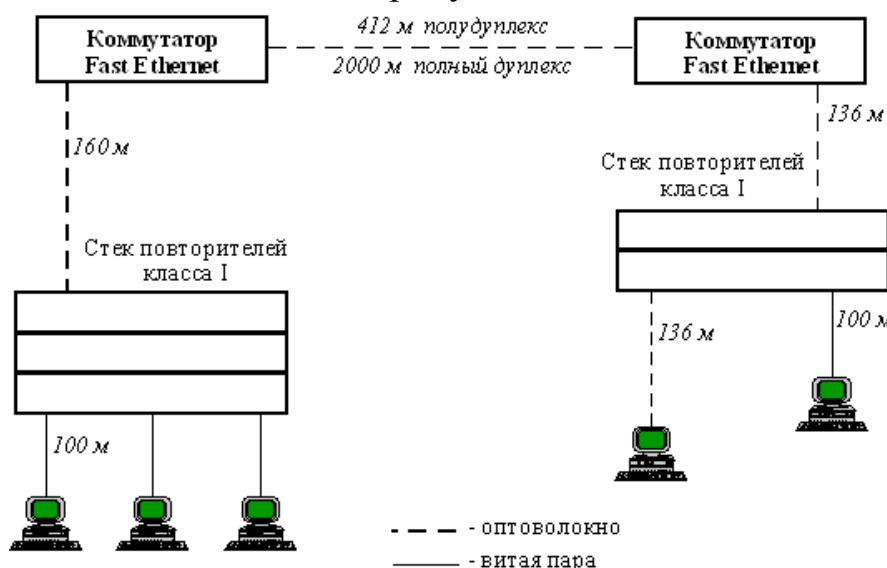


Рисунок 1.7 – Примеры построения сети с помощью повторителей класса I

При определении корректности конфигурации сети можно не руководствоваться правилами одного или двух хабов, а рассчитывать время двойного оборота сети, как это было показано выше для сети Ethernet 10 Мбит/с.

Как и для технологии Ethernet 10 Мбит/с, комитет 802.3 дает исходные данные для расчета времени двойного оборота сигнала. Однако при этом сама форма представления этих данных и методика расчета несколько изменились. Комитет предоставляет данные об удвоенных задержках, вносимых каждым элементом сети, не разделяя сегменты сети на левый, правый и промежуточный. Кроме того, задержки, вносимые сетевыми адаптерами, учитывают преамбулы кадров, поэтому время двойного оборота нужно сравнивать с величиной 512 битовых интервала (bt), то есть со временем передачи кадра минимальной длины без преамбулы.

Задержки, вносимые прохождением сигналов по кабелю, рассчитываются на основании данных таблице 1.7, в которой учитывается удвоенное прохождение сигнала по кабелю.

Таблица 1.7 Задержки, вносимые кабелем

Тип кабелей	Удвоенная задержка в bt на 1 м	Удвоенная задержка на кабеле максимальной длины
UTP Cat 3	1,14 bt	114 bt (100 м)
UTP Cat 4	1,14 bt	114 bt (100 м)
UTP Cat 5	1,112 bt	111,2 bt (100 м)
STP	1,112 bt	111,2 bt (100 м)
Оптоволокно	1,0 bt	412 bt (412 м)

Задержки, которые вносят два взаимодействующих через повторитель сетевых адаптера (или порта коммутатора), берутся из таблицы 1.8

Таблица 1.8 Задержки, вносимые сетевым адаптером (коммутатором)

Тип сетевых адаптеров	Максимальная задержка при двойном обороте
Два адаптера TX/FX	100 bt
Два адаптера T4	138 bt
Один адаптер TX/FX и один T4	127 bt

Учитывая, что удвоенная задержка, вносимая повторителем класса I, равна 140 bt, можно рассчитать время двойного оборота для произвольной конфигурации сети, естественно, учитывая максимально возможные длины непрерывных сегментов кабелей, приведенные в табл. 3.10. Если получившееся значение меньше 512, значит, по критерию распознавания коллизий сеть является корректной. Комитет 802.3 рекомендует оставлять запас в 4 bt для устойчиво работающей сети, но разрешает выбирать эту величину из диапазона от 0 до 5 bt.

Рассчитаем для примера рекомендуемую в таблице конфигурацию сети, состоящую из одного повторителя и двух оптоволоконных сегментов длиной по 136 метров. Каждый сегмент вносит задержку по 136 bt, пара сетевых адаптеров FX дает задержку в 100 bt, а сам повторитель вносит задержку в 140 bt. Сумма задержки равна 512 bt, что говорит о том, что сеть корректна, но запас принят равным 0.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. В каком году и как называется стандарт спецификации Fast Ethernet принятые комитетом IEEE?
2. Перечислите основные достоинства технологии Fast Ethernet.
3. Какие различные спецификации для физического уровня (в терминах семиуровневой модели OSI) для поддержки типов кабельных систем присутствуют в технологии Fast Ethernet?
4. Во сколько больше или меньше скорость передачи кадров Fast Ethernet по сравнению с Ethernet?
5. Какие правила включают корректное построение сегментов сетей Fast Ethernet ?
6. Опишите классы повторителей Fast Ethernet.

## **3.2 Высокоскоростная технология Gigabit Ethernet**

Первая версия стандарта была рассмотрена в январе 1997 года, а окончательно стандарт 802.3z был принят 29 июня 1998 года на засе-

дании комитета IEEE 802.3. Работы по реализации Gigabit Ethernet на витой паре категории 5 были переданы специальному комитету 802.3ab, который уже рассмотрел несколько вариантов проекта этого стандарта, причем с июля 1998 года проект приобрел достаточно стабильный характер. Окончательное принятие стандарта 802.3ab ожидается в сентябре 1999 года.

Не дожидаясь принятия стандарта, некоторые компании выпустили первое оборудование Gigabit Ethernet на оптоволоконном кабеле уже к лету 1997 года.

Основная идея разработчиков стандарта Gigabit Ethernet состоит в максимальном сохранении идей классической технологии Ethernet при достижении битовой скорости в 1000 Мбит/с.

Так как при разработке новой технологии естественно ожидать некоторых технических новинок, идущих в общем русле развития сетевых технологий, то важно отметить, что Gigabit Ethernet, так же как и его менее скоростные собратья, на уровне протокола не будет поддерживать:

- качество обслуживания;
- избыточные связи;
- тестирование работоспособности узлов и оборудования (в последнем случае - за исключением тестирования связи порт - порт, как это делается для Ethernet 10Base-T и 10Base-F и Fast Ethernet).

Все три названных свойства считаются весьма перспективными и полезными в современных сетях, а особенно в сетях ближайшего будущего. Почему же авторы Gigabit Ethernet отказываются от них?

По поводу качества обслуживания коротко можно ответить так: «сила есть - ума не надо». Если магистраль сети будет работать со скоростью в 20 000 раз превышающей среднюю скорость сетевой активности клиентского компьютера и в 100 раз превышающей среднюю сетевую активность сервера с сетевым адаптером 100 Мбит/с, то о задержках пакетах на магистрали во многих случаях можно не беспокоиться вообще. При небольшом коэффициенте загрузки магистрали 1000 Мбит/с очереди в коммутаторах Gigabit Ethernet будут небольшими, а время буферизации и коммутации на такой скорости составляет единицы и даже доли микросекунд.

Ну а если все же магистраль загрузится на достаточную величину, то приоритет чувствительному к задержкам или требовательному к средней скорости трафику можно предоставить с помощью техники приоритетов в коммутаторах - соответствующие стандарты для коммутаторов уже приняты (они будут рассматриваться в следующей

главе). Зато можно будет пользоваться весьма простой (почти как Ethernet) технологией, принципы работы которой известны практически всем сетевым специалистам.

Главная идея разработчиков технологии Gigabit Ethernet состоит в том, что существует и будет существовать весьма много сетей, в которых высокая скорость магистрали и возможность назначения пакетам приоритетов в коммутаторах будут вполне достаточны для обеспечения качества транспортного обслуживания всех клиентов сети. И только в тех редких случаях, когда и магистраль достаточно загружена, и требования к качеству обслуживания очень жесткие, нужно применять технологию АТМ, которая действительно за счет высокой технической сложности дает гарантии качества обслуживания для всех основных видов трафика.

Что же общего имеется в технологии Gigabit Ethernet по сравнению с технологиями Ethernet и Fast Ethernet?

- Сохраняются все форматы кадров Ethernet.

- По-прежнему будут существовать полудуплексная версия протокола, поддерживающая метод доступа CSMA/CD, и полнодуплексная версия, работающая с коммутаторами. По поводу сохранения полудуплексной версии протокола сомнения были еще у разработчиков Fast Ethernet, так как сложно заставить работать алгоритм CSMA/CD на высоких скоростях. Однако метод доступа остался неизменным в технологии Fast Ethernet, и его решили оставить в новой технологии Gigabit Ethernet. Сохранение недорогого решения для разделяемых сред позволит применить Gigabit Ethernet в небольших рабочих группах, имеющих быстрые серверы и рабочие станции.

- Поддерживаются все основные виды кабелей, используемых в Ethernet и Fast Ethernet: волоконно-оптический, витая пара категории 5, коаксиал.

Тем не менее, разработчикам технологии Gigabit Ethernet для сохранения приведенных выше свойств пришлось внести изменения не только в физический уровень, как это было в случае Fast Ethernet, но и в уровень MAC.

Перед разработчиками стандарта Gigabit Ethernet стояло несколько трудно разрешимых проблем. Одной из них была задача обеспечения приемлемого диаметра сети для полудуплексного, режима работы. В связи с ограничениями, накладываемыми методом CSMA/CD на длину кабеля, версия Gigabit Ethernet для разделяемой среды допускала бы длину сегмента всего в 25 метров при сохранении размера кадров и всех параметров метода CSMA/CD неизменными. Так как суще-



ствуется большое количество применений, когда нужно повысить диаметр сети хотя бы до 200 метров, необходимо было каким-то образом решить эту задачу за счет минимальных изменений в технологии Fast Ethernet.

Другой сложнейшей задачей было достижение битовой скорости 1000 Мбит/с на основных типах кабелей. Даже для оптоволоконного достижения такой скорости представляет некоторые проблемы, так как технология Fibre Channel, физический уровень которой был взят за основу для оптоволоконной версии Gigabit Ethernet, обеспечивает скорость передачи данных всего в 800 Мбит/с (битовая скорость на линии равна в этом случае примерно 1000 Мбит/с, но при методе кодирования 8В/10В полезная битовая скорость на 25 % меньше скорости импульсов на линии).

И наконец, самая сложная задача - поддержка кабеля на витой паре. Такая задача на первый взгляд кажется неразрешимой - ведь даже для 100-мегабитных протоколов пришлось использовать достаточно сложные методы кодирования, чтобы уложить спектр сигнала в полосу пропускания кабеля. Однако успехи специалистов по кодированию, проявившиеся в последнее время в новых стандартах модемов, показали, что задача имеет шансы на решение. Чтобы не тормозить принятие основной версии стандарта Gigabit Ethernet, использующего оптоволокно и коаксиал, был создан отдельный комитет 802.3ab, который занимается разработкой стандарта Gigabit Ethernet на витой паре категории 5.

Для расширения максимального диаметра сети Gigabit Ethernet в полудуплексном режиме до 200 м разработчики технологии предприняли достаточно естественные меры, основывающиеся на известном соотношении времени передачи кадра минимальной длины и временем двойного оборота.

Минимальный размер кадра был увеличен (без учета преамбулы) с 64 до 512 байт или до 4096 bt. Соответственно, время двойного оборота теперь также можно было увеличить до 4095 bt, что делает допустимым диаметр сети около 200 м при использовании одного повторителя. При двойной задержке сигнала в 10 bt/m оптоволоконные кабели длиной 100 м вносят вклад во время двойного оборота по 1000 bt, и если повторитель и сетевые адаптеры будут вносить такие же задержки, как в технологии Fast Ethernet (данные для которых приводились в предыдущем разделе), то задержка повторителя в 1000 bt и пары сетевых адаптеров в 1000 bt дадут в сумме время двойного оборота 4000 bt, что удовлетворяет условию распознавания коллизий.

Для увеличения длины кадра до требуемой в новой технологии величины сетевой адаптер должен дополнить поле данных до длины 448 байт так называемый расширением (extention), представляющим собой поле, заполненное запрещенными символами кода 8B/10B, которые невозможно принять за коды данных.

Для сокращения накладных расходов при использовании слишком длинных кадров для передачи коротких квитанций разработчики стандарта разрешили конечным узлам передавать несколько кадров подряд, без передачи среды другим станциям. Такой режим получил название Burst Mode - монопольный пакетный режим. Станция может передать подряд несколько кадров с общей длиной не более 65 536 бит или 8192 байт. Если станции нужно передать несколько небольших кадров, то она может не дополнять их до размера в 512 байт, а передавать подряд до исчерпания предела в 8192 байт (в этот предел входят все байты кадра, в том числе преамбула, заголовок, данные и контрольная сумма). Предел 8192 байт называется BurstLength. Если станция начала передавать кадр и предел BurstLength был достигнут в середине кадра, то кадр разрешается передать до конца.

Увеличение «совмещенного» кадра до 8192 байт несколько задерживает доступ к разделяемой среде других станций, но при скорости 1000 Мбит/с эта задержка не столь существенна.

В качестве среды передачи данных используется высококачественный твинаксиальный кабель (Twinaх) с волновым сопротивлением 150 Ом (2x75 Ом). Данные посылаются одновременно по паре проводников, каждый из которых окружен экранирующей оплеткой. При этом получается режим полудуплексной передачи. Для обеспечения полнодуплексной передачи необходимы еще две пары коаксиальных проводников. Начал выпускаться специальный кабель, который содержит четыре коаксиальных проводника - так называемый Quad-кабель. Он внешне напоминает кабель категории 5 и имеет близкий к нему внешний диаметр и гибкость. Максимальная длина твинаксиального сегмента составляет всего 25 метров, поэтому это решение подходит для оборудования, расположенного в одной комнате.

Как известно, каждая пара кабеля категории 5 имеет гарантированную полосу пропускания до 100 МГц. Для передачи по такому кабелю данных со скоростью 1000 Мбит/с было решено организовать параллельную передачу одновременно по всем 4 парам.

Это сразу уменьшило скорость передачи данных по каждой паре до 250 Мбит/с. Однако и для такой скорости необходимо было придумать метод кодирования, который имел бы спектр не выше 100

МГц. Кроме того, одновременное использование четырех пар на первый взгляд лишает сеть возможность распознавать коллизии.

Для кодирования данных был применен код РАМ5, использующий 5 уровней потенциала: -2, -1, 0, +1, +2. Поэтому за один такт по одной паре передается 2,322 бит информации. Следовательно, тактовую частоту вместо 250 МГц можно снизить до 125 МГц. При этом если использовать не все коды, а передавать 8 бит за такт (по 4 парам), то выдерживается требуемая скорость передачи в 1000 Мбит/с и еще остается запас неиспользуемых кодов, так как код РАМ5 содержит  $5^4 = 625$  комбинаций, а если передавать за один такт по всем четырем парам 8 бит данных, то для этого требуется всего  $2^8 = 256$  комбинаций. Оставшиеся комбинации приемник может использовать для контроля принимаемой информации и выделения правильных комбинаций на фоне шума. Код РАМ5 на тактовой частоте 125 МГц укладывается в полосу 100 МГц кабеля категории 5.

Для распознавания коллизий и организации полнодуплексного режима разработчики спецификации 802.3аb применили технику, используемую при организации дуплексного режима на одной паре проводов в современных модемах и аппаратуре передачи данных абонентских окончаний ISDN. Вместо передачи по разным парам проводов или разнесения сигналов двух одновременно работающих навстречу передатчиков по диапазону частот оба передатчика работают навстречу друг другу по каждой из 4-х пар в одном и том же диапазоне частот, так как используют один и тот же потенциальный код РАМ5.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. В каком году и как назывался стандарт спецификации Gigabit Ethernet принятые комитетом IEEE?
2. Что же общего имеется в технологии Gigabit Ethernet по сравнению с технологиями Ethernet и Fast Ethernet?
3. Из-за чего первоначально длина сегмента Gigabit Ethernet составляла всего в 25?
4. Как был изменен минимальный размер кадра?
5. Что было предпринято для сокращения накладных расходов при использовании слишком длинных кадров и для передачи коротких квитанций? Как называется такой режим?
6. Что используется в качестве среды передачи данных?
7. Какой код используется для кодирования данных в технологии Gigabit Ethernet?

## 4 Адресация в локальных сетях

За адресацию в сети и доставку пакетов между компьютерами сети отвечает протокол IP, который является протоколом без установления соединения и гарантий доставки пакета. При использовании протокола IP, каждый компьютер в рамках сети должен иметь уникальный IP – адрес, представляющий собой 32-битное число. Для удобства чтения, IP адрес разбивают на четыре 8 битовых числа, называемых октетами, например 149.76.12.4. В локальной сети, которая не подключена к Internet или другим сетям, Вы можете назначать IP-адреса произвольно (главное, чтобы они не совпадали).

В IP-адресе выделяют две части: сетевую часть (адрес локальной сети) и адрес компьютера в сети.

Сетевая часть адреса может иметь переменную длину, которая зависит от класса IP-адреса и маски подсети.

Маска – это число, применяемое в паре с IP-адресом, причем двоичная запись маски содержит непрерывную последовательность единиц в тех разрядах, которые должны в IP-адресе интерпретироваться как номер сети. Граница между последовательностями единиц и нулей в маске соответствует границе между номером сети и номером узла в IP-адресе.

Выделяют следующие классы IP-адресов:

**Класс А.** включает сети с адресами от 1.0.0.0 до 127.0.0.0. Сетевой номер содержится в первом октете (1-127), что предусматривает 126 сетей по 1.6 миллионов компьютеров в каждой. Стандартная маска подсети для адреса класса имеет вид 255.0.0.0.

**Класс В.** Включает сети с адресами от 128.0.0.0 до 191.255.0.0. Сетевой номер находится в первых двух октетах (128.0 – 191.255), что предусматривает 16320 сетей с 65024 компьютерами в каждой. Стандартная маска подсети для адреса класса имеет вид 255.255.0.0.

**Класс С.** Включает сети с адресами от 192.0.0.0 до 223.255.255.0. Сетевой номер содержится в первых трех октетах (192.0.0 - 223.255.255). Это предполагает почти 2 миллиона сетей по 254 компьютеров в каждой. Стандартная маска подсети для адреса класса имеет вид 255.255.255.0.

**Классы D.** Включает адреса от 224.0.0.0 до 239.255.255.0. Эти адреса являются групповыми (multicast). Если нескольким компьютерам в сети назначен один и тот же групповой адрес, то пакет, адресованный на этот адрес, получают все компьютеры. Такие адреса в локальных сетях используются редко и зарезервированы для того времени, когда технические возможности сети Internet позволят органи-

зовывать теле- и радиовещание на группы компьютеров.

**Классы Е и F.** Адреса попадающие в диапазон от 240.0.0.0 до 254.0.0.0 являются или экспериментальным, или сохранены для будущего использования и не определяют какую-либо сеть.

Для удобства работы с IP-адресами 32-разрядную последовательность обычно разделяют на 4 части по 8 битов (на октеты), каждый октет переводят в десятичное число и при записи разделяют эти числа точками. В таком виде (это представление называется «десятичные числа с точками», или, по-английски, «dotted-decimal notation») IP-адреса занимают гораздо меньше места и намного легче запоминаются (табл. 1.9).

Таблица 1.9 Различные представления IP-адреса

IP-адрес в 32-разрядном виде	11000000 10101000 0000101 11001000			
IP-адрес, разбитый на октеты	11000000	10101 000	00000 101	1100100 0
Октеты в десятичном представлении	192	168	5	200
IP-адрес в виде десятичных чисел, разделенных точками	192.168.5.200			

MAC-адрес (Media Access Control — управление доступом к среде) – это уникальный идентификатор, сопоставляемый с различными типами оборудования для компьютерных сетей. MAC-адрес позволяет уникально идентифицировать каждый узел сети и доставлять данные только этому узлу. Таким образом, MAC-адреса формируют основу сетей на канальном уровне, которую используют протоколы более высокого (сетевого) уровня. Они состоят из 48 бит, таким образом, адресное пространство MAC-48 насчитывает 248 (или 281 474 976 710 656) адресов. Примерами MAC-адресов являются: 08:00:39:00:2F:C3, 00-13-A1-00-88-21.

Для отображения IP-адресов в Ethernet адреса используется протокол ARP (Address Resolution Protocol - адресный протокол). Отображение выполняется только для отправляемых IP-пакетов, так как только в момент отправки создаются заголовки IP и Ethernet.

Преобразование адресов выполняется путем поиска в таблице. Эта таблица, называемая ARP-таблицей, хранится в памяти и содержит строки для каждого узла сети. В двух столбцах содержатся IP- и Ethernet-адреса. Если требуется преобразовать IP-адрес в Ethernet-

адрес, то ищется запись с соответствующим IP-адресом. Ниже приведен пример упрощенной ARP-таблицы (таблица 1.10).

Таблица 1.10 Пример ARP-таблицы

IP-адрес	MAC-адрес
192.168.1.2	00-00-00-02
192.168.1.3	00-00-00-03
192.168.1.4	00-00-00-04
192.168.1.5	00-00-00-05
192.168.1.6	00-00-00-06
192.168.1.7	00-00-00-07

ARP-таблица необходима потому, что IP-адреса и Ethernet-адреса выбираются независимо, и нет какого-либо алгоритма для преобразования одного в другой. IP-адрес выбирает менеджер сети с учетом положения машины в сети internet. Если машину перемещают в другую часть сети internet, то ее IP-адрес должен быть изменен. Ethernet-адрес выбирает производитель сетевого интерфейсного оборудования из выделенного для него по лицензии адресного пространства. Когда у машины заменяется плата сетевого адаптера, то меняется и ее Ethernet-адрес.

### ***Вопросы для самоконтроля***

1. Какой протокол отвечает за адресацию в сети и доставку пакетов между компьютерами сети отвечает протокол?
2. Что из себя представляет IP-адрес?
3. Какие части выделяют в IP-адресе?
4. Что такое маска сети?
5. Какие классы IP-адресов существуют?
6. Что такое MAC-адрес?
7. Каков размер (в битах) MAC-адреса?
8. Какой протокол используется для отображения IP-адресов в Ethernet адреса?
9. Где находится информация для преобразования адресов?
10. Каков порядок преобразования адресов?

### **Лабораторная работа**

*Цель:* проектирование локальной сети организации, состоящей из множества отделов.

*Материалы и оборудование:* персональный компьютер с установленными: MS Word, MS Visio.

*Ход выполнения:*

1. Представить общую топологию сети.
2. Определить для каждого из отделов:
  - Коэффициент загрузки сети.
  - Рассчитать корректности сети (PDV, PVV).
  - В зависимости от ее нагрузки выбрать ответствующие типы оборудования (линии связи, промежуточные устройства).
  - Каждому из компьютеров отдела присвоить IP адрес и соответствующую маску сети.
  - Составить ARP таблицы.
3. В случае необходимости каждый из отделов дополнить необходимым оборудованием для решения частных задач (например, сервером для обеспечения выхода в Internet).
4. Рассчитать коэффициенты загрузки каналов связи между отделами.

Полная формулировка задач для выполнения и варианты заданий на лабораторную работу приведены в Приложении А.

## Литература

1Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/ В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – Учебник для вузов. 3-е изд.– СПб.: Питер, 2006.– 958с.

2Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с.

3Виснадул, Б.Д. Основы компьютерных сетей / Б.Д. Виснадул, С.А. Лупин, С.В. Сидоров, П.Ю. Чумаченко / Под ред. Л.Г. Гагариной. М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2007. – 272 с.

4Шатт, Стэн Мир компьютерных сетей / Стэн Шатт. – Пер. с англ. – Киев: ВНУ-Киев, 1996. – 288 с.

5Поляк-Брагинский, А. Локальные сети. Модернизация и поиск неисправностей / А. Поляк-Брагинский. – Системный администратор (Сисадмин). – Киев: ВНУ, 2009. – 832 с.

6Трулав, Д. Сети. Технологии, прокладка, обслуживание / Д. Трулав.– Москва: НТ Пресс, 2009. – 560 с.

7Жукова, А. Основы сетевых технологий / А. Жукова, М. Ластовченко. – Москва: МК-Пресс, 2007. – 432 с.

8Ильина, О. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / О. Ильина, В. Бройдо. – СПб: Питер, 2008. – 768 с.

9Айвенс, К. Компьютерные сети. Хитрости / К. Айвенс. – СПб: Питер, 2005. – 304 с.

10 Семенов, А. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов / А. Семенов. – Москва: ДМК, 2003. – 402 с.



## Приложение А

### Проектирование локальной вычислительной сети предприятия

Объединить компьютеры  $n$  отделов предприятия **FIO&K°** в общую локальную сеть при условии, что расстояние между отделами составляет  $R_i$  метров и трафик между ними составляет  $tr$  Mbps – **type=1**. Если **type=0**, то обмен происходит только электронной почтой. Количество компьютеров в  $j$ -ом отделе  $h_j$ . Требуется наличие выхода в Интернет (**Inet<sub>j</sub>=1**), если нет – **Inet<sub>j</sub>=0**. Трафик внутри отдела  $j$  составляет  $tr_j$  Mbps (таблицы А.1, А.2).

#### Задания

1. Представить общую топологию сети.
2. Определить для каждого из отделов:
  - Коэффициент загрузки сети.
  - Рассчитать корректности сети (PDV, PVV).
  - В зависимости от ее нагрузки выбрать ответственные типы оборудования (линии связи, промежуточные устройства).
  - Каждому из компьютеров отдела присвоить IP адрес и соответствующую маску сети.
  - Составить ARP таблицы.
3. В случае необходимости каждый из отделов дополнить необходимым оборудованием для решения частных задач (например, сервером для обеспечения выхода в Internet).
4. Рассчитать коэффициенты загрузки каналов связи между отделами.

**Замечание.** Выбор типов оборудования должен быть объяснен на основании расчетов п.2.1, 2.2.

Например, вариант 0

Компания Ivanov&K° имеет 2 отдела, расстояние между ними 1000 метров, обмен информацией со скоростью 94 Mbps. Количество компьютеров в первом отделе 17 выход в Internet не требуется, трафик между компьютерами 1 отдела равен 12 Mbps. Количество компьютеров во втором отделе 13 выход в Internet не требуется, трафик между компьютерами 2-го отдела равен 4Mbps.

Таблица А.1 Варианты заданий для сетей внутри отделов

№	N	h <sub>1</sub>	Inet <sub>1</sub>	Tr <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	Inet <sub>2</sub>	tr <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	Inet <sub>3</sub>	tr <sub>3</sub>
0	2	17	0	12	13	0	4			
1	3	38	1	21	47	1	20			
2	3	36	0	10	24	1	8	8	0	15
3	3	39	0	11	29	1	7	16	0	6
4	3	20	0	3	20	0	5	37	1	20
5	3	22	0	13	35	1	19	27	1	14
6	3	28	0	14	40	1	16			
7	3	43	1	14	36	1	7	31	0	5
8	3	7	0	20	32	1	16	28	0	21
9	3	14	1	16	17	1	14	15	1	3
10	3	46	0	7	17	1	21			
11	3	16	1	4	7	1	20	48	0	6
12	3	30	1	15	42	1	14	3	0	16
13	3	12	1	10	7	0	10	22	0	4
14	3	9	0	9	43	0	6			
15	3	14	1	13	15	1	6	8	1	19
16	3	47	0	13	23	0	14	48	0	10
17	3	47	1	5	27	0	8			
18	3	19	1	18	39	1	19			
19	3	19	1	20	32	1	9	40	1	20
20	3	8	0	15	25	0	12	15	0	17
21	3	25	1	8	1	0	9	21	1	18
22	3	22	0	20	26	0	12	12	1	10
23	3	35	0	9	27	1	14	12	0	19
24	3	12	0	15	15	0	6	48	1	9
25	3	46	1	9	3	1	4	31	0	13
26	3	30	1	5	47	0	16	32	0	10
27	3	31	0	16	2	0	3	46	0	8
28	3	50	0	2	39	0	3	29	0	20
29	3	17	0	19	49	1	3	45	0	6
30	3	31	1	12	44	0	4	33	0	18

Таблица А.2 Варианты заданий для сетей между отделами

№	N	R <sub>12</sub>	tt <sub>12</sub>	tr <sub>12</sub>	R <sub>23</sub>	tt <sub>23</sub>	tr <sub>23</sub>	R <sub>13</sub>	tt <sub>13</sub>	tr <sub>13</sub>
0	2	1000	1	94	1000	1	94	1000	1	94
1	3	50	1	68	50	1	68	50	1	68
2	3	180	1	54	180	1	54	180	1	54
3	3	180	0	0	180	0	0	180	0	0
4	3	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0
5	3	50	0	0	50	0	0	50	0	0
6	3	50	1	21	50	1	21	50	1	21
7	3	1000	0	0	1000	0	0	1000	0	0
8	3	90	1	12	90	1	12	90	1	12
9	3	450	0	0	450	0	0	450	0	0
10	3	1500	1	67	1500	1	67	1500	1	67
11	3	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0
12	3	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0
13	3	50	0	0	50	0	0	50	0	0
14	3	50	1	15	50	1	15	50	1	15
15	3	450	1	60	450	1	60	450	1	60
16	3	90	0	0	90	0	0	90	0	0
17	3	450	1	55	450	1	55	450	1	55
18	3	180	1	3	180	1	3	180	1	3
19	3	90	1	83	90	1	83	90	1	83
20	3	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0
21	3	90	1	3	90	1	3	90	1	3
22	3	450	1	8	450	1	8	450	1	8
23	3	50	1	19	50	1	19	50	1	19
24	3	450	0	0	450	0	0	450	0	0
25	3	90	0	0	90	0	0	90	0	0
26	3	1500	0	0	1500	0	0	1500	0	0
27	3	1000	1	47	1000	1	47	1000	1	47
28	3	50	0	0	50	0	0	50	0	0
29	3	1000	0	0	1000	0	0	1000	0	0
30	3	1500	1	25	1500	1	25	1500	1	25

**Учебное издание**

**Демуськов Александр Борисович  
Маслович Сергей Федорович**

**Компьютерные сети:  
технологии локальных сетей**

**Практическое руководство**

**для студентов специальностей:**

**1–40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий, 1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная деятельность), 1-31 03 03-02 Прикладная математика (научно-педагогическая деятельность), 1-31 03 06-01 Экономическая кибернетика (математические методы и компьютерное моделирование в экономике)**

**В авторской редакции**

Подписано в печать 17.05.2010 (87). Формат 60x80 1/16. Бумага писчая №1. Гарнитура Таймс. Усл.печ.л. 4,1. Уч.-изд.л. 3,2. Тираж 25 экз.

Отпечатано в учреждении образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины».  
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104.